

PAT-NO: JP411354816A
DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 11354816 A
TITLE: SILICON DIAPHRAGM AND MANUFACTURE THEREOF
PUBN-DATE: December 24, 1999

INVENTOR-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
ABE, KICHIJI	N/A
TANAKA, HIROSHI	N/A
TERADA, MASAKAZU	N/A
FUKADA, TAKESHI	N/A
YOKOYAMA, KENICHI	N/A
ITO, MOTOKI	N/A

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
DENSO CORP	N/A

APPL-NO: JP10157916
APPL-DATE: June 5, 1998

INT-CL (IPC): H01L029/84, G01L009/04 , H01L021/306

ABSTRACT:

PROBLEM TO BE SOLVED: To relax the stress concentration on a part of the periphery of an Si diaphragm for increasing the strength.

SOLUTION: This Si diaphragm 52 is characterized in formed slants 50 between a diaphragm face 52a of an octagonal Si diaphragm and four (111)-planes orthogonal to the diaphragm face 52a, and according to this constitution the stress concentration on the periphery of the Si diaphragm can be avoided, by forming through impregnating an Si wafer 11 which has a crystal orientation of approximately (110) in an alkali etching liquid to etch it.

COPYRIGHT: (C)1999,JPO

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-354816

(43) 公開日 平成11年(1999)12月24日

(51) Int.Cl. ⁶	識別記号	F I
H 0 1 L 29/84		H 0 1 L 29/84 B
G 0 1 L 9/04	1 0 1	G 0 1 L 9/04 1 0 1
H 0 1 L 21/306		H 0 1 L 21/306 B

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願平10-157916

(22) 出願日 平成10年(1998)6月5日

(71) 出願人 000004260

株式会社デンソー

愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地

(72) 発明者 阿部 ▲吉▼次

愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会社デンソー内

(72) 発明者 田中 浩

愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会社デンソー内

(72) 発明者 寺田 雅一

愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会社デンソー内

(74) 代理人 弁理士 佐藤 強

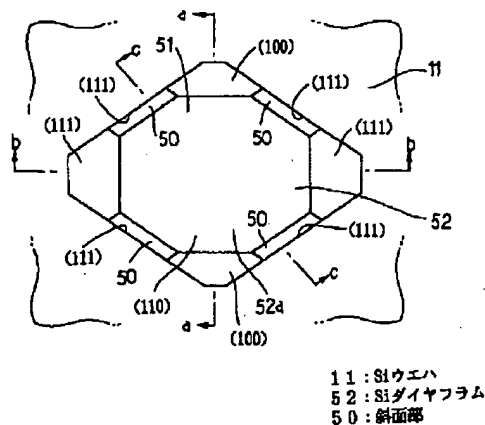
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 Siダイヤフラムとその製造方法

(57) 【要約】

【課題】 Siダイヤフラムの周縁部の一部分に応力が集中することを緩和して、強度を高くする。

【解決手段】 本発明のSiダイヤフラム52は、結晶方位がほぼ(110)であるSiウエハ11をアルカリエッチング液中に浸漬させてエッチングすることにより形成される八角形のSiダイヤフラム52において、Siダイヤフラム52のダイヤフラム面52aと、このダイヤフラム面52aと直交する4個の(111)面との間に、斜面部50を形成したところに特徴を有するものである。この構成によれば、Siダイヤフラムの周縁部に応力が集中することを防止できる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 結晶方位がほぼ(110)であるSiウエハをアルカリエッチング液中に浸漬させてエッチングすることにより形成される八角形のSiダイヤフラムにおいて、

前記Siダイヤフラムのダイヤフラム面と、このダイヤフラム面と直交する4個の(111)面との間に、斜面部を形成したことを特徴とするSiダイヤフラム。

【請求項2】 前記斜面部と前記ダイヤフラム面とが交差する角度を、26.5〜36.5度の範囲内に設定したことを特徴とする請求項1記載のSiダイヤフラム。

【請求項3】 結晶方位がほぼ(110)であるSiウエハをアルカリエッチング液中に浸漬させてエッチングすることにより八角形のSiダイヤフラムを製造するSiダイヤフラムの製造方法において、

前記Siウエハを前記アルカリエッチング液中に浸漬させてエッチングしているときに、前記Siウエハに電圧を印加することにより、前記Siダイヤフラムのダイヤフラム面と、このダイヤフラム面と直交する4個の(111)面との間に、斜面部を形成する工程を備えたことを特徴とするSiダイヤフラムの製造方法。

【請求項4】 前記Siウエハに印加する電圧を、少なくとも2段階に調整することを特徴とする請求項3記載のSiダイヤフラムの製造方法。

【請求項5】 前記Siウエハに電圧を印加するとき、前記Siウエハに流れる電流が所定値となるように、前記Siウエハに印加する電圧を調整することを特徴とする請求項3または4記載のSiダイヤフラムの製造方法。

【請求項6】 前記Siウエハに印加する電圧を、前記ダイヤフラム面が荒れないような電圧に調整することを特徴とする請求項3ないし4のいずれかに記載のSiダイヤフラムの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、結晶方位がほぼ(110)であるSiウエハをエッチングすることにより形成されたSiダイヤフラム及びその製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】半導体圧力センサのダイヤフラムの一例として、特開平4-119672号公報に記載された構成がある。この公報の構成では、結晶方位が(110)であるSiウエハをエッチングすることにより、八角形のSiダイヤフラムを形成するように構成されている。この構成について、図25ないし図32を参照して具体的に説明する。

【0003】まず、図25及び図26に示すように、結晶方位が(110)であるSiウエハ1の上面(図26中左面)に、SiNやSiO₂等からなるエッチングマ

スク2を形成すると共にパターニングする。尚、Siウエハ1の下面(図26中右面)には、所定形状のゲージや電極等が予め形成されている。そして、上記Siウエハ1をKOH等からなるアルカリエッチング液中に浸漬して異方性エッチングする。これにより、図27及び図28に示すような八角形のSiダイヤフラム3が形成される。

【0004】そして、エッチング完了後のSiウエハ1からエッチングマスク2を除去したSiウエハ1を、図29ないし図32に示す。この場合、図29に示すように、八角形のSiダイヤフラム3は、上下2つの(100)面と、左右2つの(111)面と、斜めの位置にある4つの(111)面とで囲まれている。ここで、上下2つの(100)面は、図30に示すように、Siダイヤフラム3のダイヤフラム面3aに対して傾斜する傾斜面となっており、その傾斜角度(即ち、(100)面とダイヤフラム面4とが交差する角度)は45度である。

【0005】また、左右2つの(111)面は、図31に示すように、ダイヤフラム面4に対して傾斜する傾斜面となっており、その傾斜角度(即ち、左右の(111)面とダイヤフラム面4とが交差する角度)は35度である。これに対して、斜めの位置にある4つの(111)面は、図32に示すように、ダイヤフラム面4に対して直交する面となっており、その傾斜角度(即ち、斜めの位置にある4つの(111)面とダイヤフラム面4とが交差する角度)は90度である。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】上記従来構成の場合、上下2つの(100)面及び左右2つの(111)面は小さな角度(45度、35度)でダイヤフラム面4に交差しているのに対して、斜めの位置にある4つの(111)面はダイヤフラム面4に直交している。このため、ダイヤフラム3に過大な圧力が作用した場合、斜めの位置にある4つの(111)面とダイヤフラム面4とが直交する部分に応力が集中してしまう。これにより、上記部分が破損するおそれがあった。

【0007】そこで、本発明の目的は、ダイヤフラムの周縁部の一部分に応力が集中することを緩和して、強度を高くすることができるSiダイヤフラム及びその製造方法を提供することにある。

【0008】

【課題を解決するための手段】請求項1の発明によれば、Siダイヤフラムのダイヤフラム面と、このダイヤフラム面と直交する4個の(111)面との間に、斜面部を形成したので、ダイヤフラムを囲む部分の一部分に応力が集中することを緩和できる。このため、強度を高くすることができる。この構成の場合、請求項2の発明のように、斜面部とダイヤフラム面とが交差する角度を、26.5〜36.5度の範囲内に設定することが好ましい。角度が大きすぎると応力緩和効果が失われ、小

さすぎる場合には、センシング感度が低下してしまう。このように構成すると、ダイヤモンド面を(110)面に対して若干傾斜させるような構成に対しても、十分対応させることができる。

【0009】請求項3の発明においては、Siウエハをアルカリエッチング液中に浸漬させてエッチングしているときに、Siウエハに電圧を印加することにより、Siダイヤモンド面のダイヤモンド面と、このダイヤモンド面と直交する4個の(111)面との間に、斜面部を形成する工程を備えた。これにより、斜面部を確実に容易に形成することができる。

【0010】ところで、Siウエハに電圧を印加すると、ダイヤモンド面にマイクロピラミッドが発生し易くなる。これに対して、請求項4の発明では、Siウエハに印加する電圧を、少なくとも2段階に調整するように構成した。これにより、斜面部を十分に大きく形成できる電圧をSiウエハに印加した後、マイクロピラミッドを消失させるための電圧をSiウエハに印加させるように構成することが可能となり、品質を向上できる。

【0011】請求項5の発明においては、Siウエハに電圧を印加するとき、Siウエハに流れる電流が所定値となるように、前記Siウエハに印加する電圧を調整するように構成した。この構成によれば、斜面部を十分に大きく形成できるような電圧を、Siウエハに確実に印加することができる。また、請求項6の発明によれば、Siウエハに印加する電圧を、ダイヤモンド面が荒れないような電圧に調整する構成としたので、ダイヤモンド面の平滑性を向上させることができる。

【0012】

【発明の実施の形態】以下、本発明の第1の実施例について図1ないし図19を参照しながら説明する。まず、本実施例で用いるSiウエハについて、図9に従って簡単に説明する。Siウエハ11は、例えばP型シリコンウエハ(例えば比抵抗が $10 \sim 20 \Omega \cdot \text{cm}$ のもの)から構成されており、その一方の面である図9中下面には、例えばCVDによりN型Si層(Nエピ層)12が形成されている。そして、N型Si層12には、P+からなる所定形状のゲージ13が形成されていると共に、P+アイソレーション層14が形成されている。P+アイソレーション層14の下面には、例えば全体としてほぼ格子状をなすAl製の給電用電極15が形成されている。

【0013】また、Siウエハ11の他方の面である図9中上面には、例えばSiO₂やSiN膜等からなるエッチングマスク16が形成されている。このエッチングマスク16には、図5及び図6に示すように、例えば八角形のSiダイヤモンド面を形成するために必要な八角形の開口部16aが形成されている。尚、上記Siウエハ11としては、上記P型シリコンウエハ(N層有り)の他に、N型シリコンウエハ、P型シリコンウエハ(N層

無し)を用いることが可能である。

【0014】そして、このようなSiウエハ11をエッチングするに当たって、本実施例では、図10に示すような構成のエッチング装置21を使用した。図10に示すように、このエッチング装置21は、基台22と筒状の枠体23と蓋体24とを備えており、これら部材は例えば4フッ化エチレン樹脂等の高絶縁性で断熱性及び耐蝕性に優れた材料で形成されている。基台22と枠体23との間及び枠体23と蓋体24との間は、Oリング25及び25により液密に封止されており、もって基台22と枠体23と蓋体24とから密閉容器(いわゆる処理槽)が構成されている。この密閉容器内に、異方性エッチング液(アルカリエッチング液)26を貯留可能に構成されている。

【0015】また、基台22の上面22aにSiウエハ11を配置するように構成されており、該Siウエハ11の上面(即ち、エッチング面)が上記異方性エッチング液26と接触するように構成されている。基台22の上面22aの外周部には、環状の負圧室形成用凹部27が設けられている。この負圧室形成用凹部27は、リング状のパッキン28により塞がれている。このパッキン28は、Siウエハ11の外周縁部を挟んで固定している。上記負圧室形成用凹部27の内部を真空ポンプにより真空引きすることにより、パッキン28を吸引して、Siウエハ11を固定している。

【0016】上記負圧室形成用凹部27内には、例えば2個の陽極電極29、29が配設されている。これら陽極電極29、29の先端部はSiウエハ11(の給電用電極15)に接触して接続されている。上記陽極電極29、29の基端部は、可変電源回路30の正側端子30aに接続されている。この可変電源回路30は、例えば0~0.3V程度の微小直流電圧V1と、例えば0.6V以上の直流電圧V2とを出力することが可能なように構成されている。

【0017】また、蓋体24には、供給通路31が形成されており、異方性エッチング液26はバルブ32及び上記供給通路31を通して枠体23(即ち、密閉容器)内へ供給されるように構成されている。更に、純水はバルブ33及び上記供給通路31を通して枠体23内へ供給され、窒素ガスはバルブ34及び上記供給通路31を通して枠体23内へ供給されるように構成されている。尚、枠体23(密閉容器)内のエッチング液26等は、ポンプ等によりパイプ35及び蓋体24に形成された排出通路36を通して外部へ排出されるように構成されている。

【0018】一方、棒状の陰極電極37は、蓋体24を貫通して上記密閉容器内の底部近くまで延びるように配設されている。この陰極電極37は、例えばPt電極から構成されており、その基端部は、電流検出器38を介して可変電源回路30の負側端子30bに接続されてい

る。また、上記密閉容器内には、エッチング液等を加熱するヒータ39及びエッチング液等の温度を検知する温度センサ40が配設されている。上記ヒータ39は、温度コントローラ41により通電制御されるように構成されており、この温度コントローラ41は上記温度センサ40から出力される温度検知信号を受けるように構成されている。これにより、温度コントローラ41は、密閉容器内のエッチング液等の温度を所望の温度（例えば110℃）に設定可能な構成となっている。

【0019】また、上記密閉容器内には、エッチング液等を攪拌する攪拌翼42が配設されており、この攪拌翼42は蓋体24の上部に配設されたモータ43により回転駆動されるように構成されている。更に、制御装置44は、可変電源回路30、バルブ32、33、34、温度コントローラ41及びモータ43を駆動制御するように構成されている。

【0020】更にまた、可変電源回路30の両端子30a及び30bと、陽極電極29及び陰極電極37との間には、電圧極性切換回路45が設けられている。この電圧極性切換回路45は、トランジスタやリレー等からなる4個のスイッチング素子46、47、48、49を、図10に示すように接続して構成されている。この構成の場合、スイッチング素子46及び49をオンすると共に、スイッチング素子47及び48をオフすると、Siウエハ11に正電圧が印加される。また、スイッチング素子46及び49をオフすると共に、スイッチング素子47及び48をオンすると、Siウエハ11に負電圧が印加されるように構成されている。

【0021】次に、上記した構成のエッチング装置21を用いて前記Siウエハ11をエッチングする場合の動作について説明する。この場合、Siウエハ11をエッチング装置21に図10に示すようにセットする。そして、密閉容器内にアルカリエッチング液26を供給し、Siウエハ11の上面がアルカリエッチング液26に触れる（浸漬する）ようにすると共に、可変電源回路30からSiウエハ11に電圧を印加して、エッチングを行う。

【0022】このとき、図11(a)に示すように、印加電圧が所定値以下の場合には、異方性エッチングが進行し、印加電圧が所定値以上の場合には、Siウエハ11が陽極酸化される。ここで、Siウエハ11が陽極酸化されるときには、Siウエハ11上に酸化膜が形成されると共に、この酸化膜がアルカリエッチング液26により少しずつエッチングされるため、非常に穏やかな等方性エッチングが進行する。

【0023】一方、印加電圧が非常に小さい電圧の場合には、基本的には異方性エッチングが進行するが、電圧を印加しない場合に比べて、Siウエハ11の各面のエッチレートが変化する。具体的には、アルカリエッチング液26として例えば32wt% KOHを用いると共

に、その液温を110℃に設定した状態で、印加電圧を変化させることにより、Siウエハ11に流れる電流、特に、Siウエハ11のエッチング面である(110)面の初期電流密度を変化させ、この初期電流密度と、後述する斜面部50（図1及び図4参照）の表面（(311)面）の(110)面に対するエッチレート比との関係を求めた。そして、この求めた関係（エッチング特性）を、図12のグラフに示す。

【0024】このエッチング特性は、エッチングの条件、ウエハの種類（不純物種及びその濃度）の他、各種接触抵抗等も含めた給電回路系内の抵抗等により変動する。しかし、後述するように、電圧と電流がほぼリニアに変化する電圧領域におけるエッチング特性は、エッチング面の初期電流（密度）によって決まることが確認されている。従って、エッチングを制御するに当たっては、エッチング面の初期電流密度、具体的には、電流値を被エッチング面積で割った値をパラメータとして制御する必要がある。そこで、これ以降説明するエッチング動作（エッチング特性）においては、初期電流密度をパラメータとして説明する。

【0025】さて、例えば0.2～0.3Vの正電圧をSiウエハ11に印加して、初期電流密度を0.17～0.21mA/mm²に設定し、異方性エッチングを進行させる。すると、図7及び図8に示すように、Siウエハ11の上面に凹部51が形成される。この凹部51の底壁部がSiダイヤフラム52となる。このとき、エッチングマスク16を除去した状態のSiウエハ11を、図1ないし図4に示す。このうち、図1ないし図3のように、Siウエハ11の凹部51の内面のうちの図1中上下の(100)面と図1中左右の(111)面の形状、即ち、上記各面とダイヤフラム面52aとが交差する角度は、従来構成（図29ないし図31）と同じである。

【0026】これに対して、本実施例の場合、図1及び図4に示すように、ダイヤフラム面52aと直交する4個の(111)面と、ダイヤフラム面52aとの間に、テーパ状の斜面部50が形成される。この斜面部50は、ダイヤフラム面52aである(110)面とはほぼ31.5度（図13(b)も参照）で交差する面であることから、(311)面であると推定される。上記斜面部50が形成されることにより、図29及び図32に示す従来構成のSiダイヤフラムに存在する角部（即ち、(110)面と(111)面とが直交する角部）を無くすることができる。これにより、本実施例のSiダイヤフラム52においては、その周縁部に応力が集中する部分をなくすることができる。

【0027】そして、上記斜面部50のテーパ面（(311)面）のエッチング面（即ち、(110)面）に対するエッチレート比は、図12に示すように、エッチング面の初期電流密度に対応して変化する。この

ため、初期電流密度（即ち、印加電圧）を調整することにより、上記エッチレート比を制御することが可能である。尚、上述した現象は、異方性のエッチングが電圧の印加により陽極酸化に遷移する手前の領域（図12の初期電流密度が0.1～0.25mA/mm²の範囲）において生ずる特徴的な現象である。

【0028】ここで、斜面部50の生成条件について、図13を参照して考察してみる。上記斜面部50の生成条件は、(110)面、(111)面、及び、斜面部50の表面であるテーパ面（(311)面）の各エッチレートによって決まる。ここで、(111)面のエッチレートは、印加電圧に関係なく、0.15～0.25μm/minであり、他の2つの面のエッチレートに比べて非常に小さい。従って、斜面部50が出現するか（形成されるか）否かは、斜面部50のテーパ面のエッチレートとエッチング面（(110)面）のエッチレートとの比（即ち、2つの面のエッチレート比）によって決まる。

【0029】この場合、斜面部50を形成させるためには、2つの面のエッチレート比を少なくとも0.85以下（図12の初期電流密度が0.1mA/mm²以下の領域）に設定する必要がある。この値から斜面部が現れ始める。そして、このエッチレート比が小さいほど、斜面部50の突き出し量が大きくなる。この突き出し量は、(111)面から斜面部50が突出する量であり、図13(b)において寸法dで示す量である。斜面部50の突き出し量を大きくとるためには、図12から初期電流密度が0.15mA/mm²以上が好ましい。

【0030】次に、初期電流密度の制御方法について説明する。微小電圧をSiウエハ11に印加してエッチングする場合、エッチング時に流れる電流（密度）は、エッチングの進行により凹部51（ダイヤフラム52）の形状が変化するのに伴い徐々に変化する。しかし、エッチング初期には、エッチングの対象となるのが(110)面のみであるから、電流は印加電圧に依存してほぼ一定になる。尚、接触抵抗およびウエハ内部の抵抗ばらつきにより、上記電流は若干ばらつく。そこで、Siウエハ11に流れる電流を検出し、この電流が所定値になるように印加する電圧を調整するように構成すれば良い。例えば、図10のエッチング装置21を使用する場合には、電流検知器38により電流を検出（モニター）しながら、印加電圧を調整するように構成すれば良い。つまり、電流密度を制御することによりエッチングを安定させることができる。

【0031】ところで、図10のエッチング装置21を使用する場合、予め加熱して暖めておいたエッチング液26を密閉容器内に供給して、エッチングを開始した後、エッチング液26の温度が目標温度（110℃）に到達するまでに、数分間の時間を要する。この間は、エッチングが進行しないようにすることが好ましいので、

例えば1V程度の電圧を印加しておく。そしてこの後、エッチング液の温度が目標温度に到達して安定した時点で、電流検知器38によりSiウエハ11に流れる電流をモニターし、電流密度が所定値（後述する値）になるように印加電圧を調整するように制御することが好ましい。

【0032】さて、上述したようにして斜面部50を形成した場合、Siダイヤフラム52のダイヤフラム面52aに、横断面がほぼ菱形形状のマイクロピラミッドが発生することがあった。そこで、初期電流密度とマイクロピラミッドの発生頻度との関係を実験により求め、この求めたグラフを図14に示す。尚、マイクロピラミッドの発生頻度は、マイクロピラミッドの大きさ（菱形の長い方の対角線の長さ）が20μm以上のものの単位面積当たりの個数を表している。そして、図14において、黒丸の点はマイクロピラミッドの発生頻度の実測点を示し、これら黒丸の点を結ぶ曲線が初期電流密度とマイクロピラミッドの発生頻度との関係を示すグラフである。

【0033】また、初期電流密度と、エッチング面（ダイヤフラム面）の平滑性（面粗度）を表すRzとの関係を測定したグラフも、図14に併せて示す。この図14において、白丸の点が面粗度Rzの実測点を示し、これら白丸の点を結ぶ曲線が初期電流密度と面粗度Rzとの関係を示すグラフである。尚、図14におけるA点、即ち、初期電流密度が0の場合（電圧を印加しない場合または-0.3V以下の電圧を印加する場合）のエッチング面の様子を図15に示す。更に、図14におけるB点、即ち、初期電流密度が0.10mA/mm²の場合のエッチング面の様子を図16に示す。更にまた、図14におけるC点、即ち、初期電流密度がほぼ0.15mA/mm²の場合のエッチング面の様子を図17に示す。そして、図14におけるD点、即ち、初期電流密度がほぼ0.24mA/mm²の場合のエッチング面の様子を図18に示す。尚、これら図15、図16、図17、図18は、エッチング面を撮影した写真を模写した図である。

【0034】上記図14から、電流密度を大きくすると、マイクロピラミッドの発生頻度が大きくなることがわかる。そして、発生したマイクロピラミッドの中には、高さ寸法が10μmを越えるものもあるため、ダイヤフラムとしての特性が悪くなることもあり、マイクロピラミッドを消滅させる方が好ましい。

【0035】上記マイクロピラミッドを消滅させる方法としては、図14から、初期電流密度が0.18mA/mm²以下となるような電圧、例えば0～0.15Vの電圧を印加して、約50μm程度エッチングする方法がある。そこで、本実施例では、マイクロピラミッドが発生した場合には、その後、0～0.15Vの電圧を印加して、約50μm程度エッチングを行うことにより、マ

マイクロピラミッドを消滅させるようにしている。尚、この場合、電圧を印加しないようにしてエッチングしても良い。また、エッチング装置21の電圧極性切換回路45を切換動作させて、逆電圧を印加するようにしても、マイクロピラミッドを消滅させることができる。

【0036】ここで、斜面部50を形成すると共に、マイクロピラミッドをなくすようにしたエッチング制御の一例を説明する。この例では、例えば元厚が $300\mu\text{m}$ のSiウエハ11を用いて、 $30\mu\text{m}$ のSiダイヤフラム52を形成している。この場合、まず、第1の電圧として例えば1Vを印加して、エッチング液の温度が安定するまで、例えば10分間、Siウエハ11を陽極酸化する。続いて、0.3Vの電圧を印加して、電流値をモニターし、電流密度が例えば $0.21\text{mA}/\text{mm}^2$ となるように印加電圧を調整する。そして、この電圧印加状態で、例えば24分間エッチングを行う。次に、電圧を0Vとして、例えば5.5分間エッチングを行う。この後、エッチング装置21の密閉容器(処理槽)内に、水を注入してエッチングを終了する。このとき、必要に応じてSiウエハを再度陽極酸化しても良い。

【0037】そして、上記したエッチング制御により、(111)面に対する突き出し量が約 $100\mu\text{m}$ である斜面部50を有する八角形のSiダイヤフラムを形成することができた。ここで、斜面部50の突き出し量の寸法は、エッチング液の温度が安定した後のエッチング時の初期電流密度(印加電圧)を調整制御することにより、 $0\sim 100\mu\text{m}$ 程度の間で自由にコントロールすることができる。

【0038】また、突き出し量の小さい斜面部50を形成する場合には、上記エッチング時の初期電流密度が $0.1\sim 0.15\text{mA}/\text{mm}^2$ となるような電圧(例えば0.1V)を印加するように制御すれば良い。そして、この電圧を印加する場合は、マイクロピラミッドが発生することがない。従って、マイクロピラミッドを消滅させるための電圧制御が不要になり、それだけ制御が簡単になる。尚、応力集中を防止するために必要な斜面部50の突き出し量としては、約 $5\mu\text{m}$ 程度もあれば十分である。

【0039】ところで、八角形のSiダイヤフラム52を形成する場合、図19(a)に示すような形状のエッチングマスクを使用する。そして、エッチング時に電圧を印加しない従来構成においては、元厚が $300\mu\text{m}$ のSiウエハで、 $30\mu\text{m}$ 以下のSiダイヤフラムを形成する場合、寸法が $600\mu\text{m}$ 以下のSiダイヤフラムを形成することができなかった。これは、図19(a)に示すエッチングマスクのd1、d2、d3の各寸法をどのように調整しても、図19(b)に示すように、四角形または横長及び縦長の八角形になるためである。

【0040】これに対して、本実施例によれば、斜面部50の分だけ四角形の角がとれることから、元厚が30

$0\mu\text{m}$ のSiウエハを用いて、ダイヤフラム厚が $30\mu\text{m}$ 以下で、寸法が $600\mu\text{m}$ (0.6mm)の小形八角形Siダイヤフラム(図19(c)参照)を形成することができる。この場合、本実施例を適用すると、寸法が $500\mu\text{m}$ の小形八角形Siダイヤフラムを形成できることを確認している。従って、本実施例によれば、Siダイヤフラムの設計の自由度が高くなる。

【0041】また、図20ないし図24は本発明の第2の実施例を示す図であり、第1の実施例と異なる点を説明する。尚、第1の実施例と同一部分には、同一符号を付している。この第2の実施例では、Siウエハ11をエッチングするに当たって、図20に示すような構成のエッチング装置21を使用した。このエッチング装置21は、図10に示すエッチング装置21と基本的構成がほぼ同じ装置であり、異なる点は次の点である。

【0042】即ち、陽極電極29、29の基端部と、電圧極性切換回路45のスイッチング素子46、47の共通接続点との間に、抵抗接続切換回路53を設けた点である。この抵抗接続切換回路53は、トランジスタやリレー等からなるスイッチング素子54と抵抗体55を直列接続した直列回路と、トランジスタやリレー等からなるスイッチング素子56とを並列接続して構成されている。上記2個のスイッチング素子54、56は、前記制御装置44によりオンオフ制御されるように構成されている。上記抵抗体55は、例えば 20Ω の抵抗である。

【0043】この構成の場合、スイッチング素子54をオンすると共に、スイッチング素子56をオフすると、Siウエハ11に抵抗体55が直列接続されるように構成されている。また、スイッチング素子54をオフすると共に、スイッチング素子56をオンすると、Siウエハ11に抵抗体55が接続されない構成となるように構成されている。

【0044】また、第2の実施例では、N型のSiウエハ11に対してエッチングを行うようにした。ここで、N型のSiウエハ11について図21を参照して簡単に説明する。N型のSiウエハ11は、例えば比抵抗が $0.6\sim 1.2\Omega\cdot\text{cm}$ のものから構成されている。図21に示すように、このN型のSiウエハ11の下面には、所定形状のゲージ57が形成されていると共に、例えば全体としてほぼ格子状をなすAl製の給電用電極58が形成されている。そして、N型のSiウエハ11の他方面である上面には、例えば SiO_2 や SiN 膜等からなるエッチングマスク16が形成されている。

【0045】次に、上記N型のSiウエハ11を図20に示すエッチング装置21を使用してエッチングする場合のエッチング動作について説明する。この場合、アルカリエッチング液26として例えば32wt% KOHを用いると共に、その液温を 110°C に設定した。そして、この状態で、印加電圧を変化させることにより、S

11

Siウエハ11のエッチング面である(110)面の初期電流密度を変化させ、この初期電流密度と、(110)面のエッチレートとの関係を求めた。また、給電回路内の抵抗値を変えることにより、上記エッチング特性がどのように変化するかも調べてみた。これら調べた結果(エッチング特性)を、図22のグラフに示す。

【0046】図22(a)は印加電圧と電流密度との関係を示すグラフであり、図22(b)は印加電圧とエッチレートとの関係を示すグラフである。そして、図22(a)、(b)において、白丸の点及びこれら白丸の点を結ぶ曲線は、抵抗体55を接続していないとき(スイッチング素子54をオフし、スイッチング素子56をオンしたとき)のエッチング特性を示す。また、図22(a)、(b)において、黒丸の点及びこれら黒丸の点を結ぶ曲線は、抵抗体55を接続したとき(スイッチング素子54をオンし、スイッチング素子56をオフしたとき)のエッチング特性を示す。

【0047】上記図22(a)、(b)から、エッチング特性は、給電回路内の抵抗によって変化することがわかる。そして、電圧と電流がほぼリニアに変化する電圧領域におけるエッチング特性は、電流(密度)によって決まることがわかる。また、N型のSiウエハ11を用いた場合の初期電流密度とマイクロピラミッド発生頻度との関係を求め、この求めた関係を図23に示す。更に、N型のSiウエハ11を用いた場合の、初期電流密度と、斜面部50のテーパ面のエッチレートの(110)面のエッチレートに対する比(即ち、エッチレート比)との関係を求め、この求めた関係を図24に示す。

【0048】これら図22、図23、図24から、N型のSiウエハ11をエッチングする場合において、給電回路内の抵抗が小さい状態、即ち、抵抗体55を接続しない状態で、エッチングを実行して第1の実施例と同様な斜面部50を形成するためには、0Vに近い微小な正電圧を印加しなければならないことがわかる。また、マイクロピラミッドを消失させるためには、0Vに近い微小な負電圧を印加しなければならないことがわかる。そして、このような微小な電圧制御を高精度に行うことはかなり困難であった。そこで、第2の実施例においては、Siウエハ11に抵抗体55を直列に接続した状態でエッチングを実行するようにして、正電圧を印加するだけでエッチング処理を実現できるようにした。

【0049】ここで、例えば元厚が300 μ mのN型のSiウエハ11を用いて、30 μ m厚のSiダイアフラム52を形成する場合のエッチング条件について説明する。この場合、まず最初は、抵抗体55を接続しない状態、即ち、スイッチング素子54をオフし、スイッチング素子56をオンした状態にして、第1の電圧として例えば1Vを印加して、エッチング液の温度が安定するまで、例えば10分間、Siウエハ11を陽極酸化する。続いて、抵抗体55を接続する状態、即ち、スイッチ

12

ング素子54をオンし、スイッチング素子56をオフする状態に切り換えてから、例えば1.2Vの電圧を印加して、電流値をモニターし、電流密度が例えば0.21mA/mm²となるように印加電圧を微調整する。そして、この電圧印加状態で、例えば24分間エッチングを行う。次に、電圧を0.2Vとして、例えば5.5分間エッチングを行う。この後、エッチング装置21の密閉容器(処理槽)内に、水を注入してエッチングを終了する。このとき、必要に応じてSiウエハ11を再度陽極酸化しても良い。

【0050】上記したエッチング制御により、(111)面に対する突き出し量が約100 μ mである斜面部50を有すると共に、ダイアフラム面にマイクロピラミッドがない八角形のSiダイアフラムを形成することができた。そして、上記第2の実施例では、抵抗体55を接続することにより、正電圧を印加するだけの電圧制御となると共に、電圧の可変範囲が大きくなるから、それだけ電圧制御が簡単になる。尚、上述した以外の第2の実施例の構成は、第1の実施例の構成と同じ構成となっている。

【0051】また、上記実施例では、抵抗接続切換回路53において抵抗体55を接続するかしないかを切り換えるように構成したが、これに限られるものではなく、複数の抵抗体を切換接続可能に構成しても良い。そして、Siウエハ11に直列接続する抵抗体の抵抗値を所望の値に可変させるように構成することも好ましい構成である。

【0052】更に、上記各実施例では、結晶方位が(110)であるSiウエハ11をエッチングする構成に適用したが、これに限られるものではなく、結晶方位が(110)面に対して若干傾きを有するSiウエハをエッチングする構成に適用しても良い。上記傾きとしては、最大5度くらいが考えられる。この傾きによって、Siダイアフラムに形成される斜面部のテーパ面とダイアフラム面とが交差する角度は、31.5度±5度、即ち、26.5度から36.5度の範囲内の角度となる。そして、斜面部のテーパ面の傾斜角度は、上記したような角度に変わるが、この構成の場合でも、ダイアフラムの周縁部(即ち、端部)に応力が集中することを極力防止できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施例を示すSiダイアフラムの上面図

【図2】図1中a-a線に沿う断面図

【図3】図1中b-b線に沿う断面図

【図4】図1中c-c線に沿う断面図

【図5】エッチング前のSiウエハの上面図

【図6】図5中a-a線に沿う断面図

【図7】エッチング後のSiウエハの上面図

【図8】図7中a-a線に沿う断面図

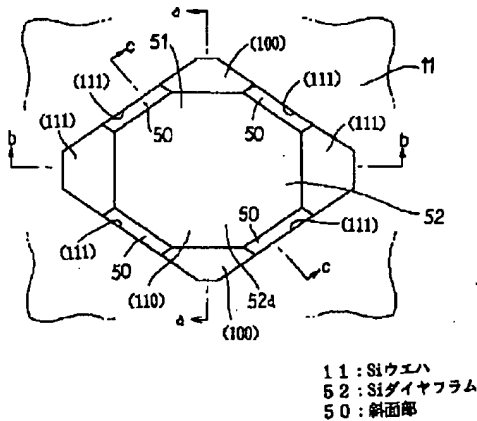
13

- 【図9】Siウエハの縦断面図
 【図10】エッチング装置の縦断側面図
 【図11】P型Siウエハのエッチング特性を示す特性図であり、(a)は印加電圧と電流密度との関係を示す特性図、(b)は印加電圧とエッチレートとの関係を示す特性図
 【図12】初期電流密度とエッチレート比との関係を示す特性図
 【図13】斜面部が形成されるときのエッチング動作を説明する図
 【図14】エッチング面の粗度と初期電流密度との関係、並びに、マイクロピラミッド発生頻度と初期電流密度との関係を示すグラフ
 【図15】エッチング面の様子を示す図
 【図16】エッチング面の様子を示す図
 【図17】エッチング面の様子を示す図
 【図18】エッチング面の様子を示す図
 【図19】(a)はエッチングマスクの上面図、(b)は従来技術によりエッチングしたときのSiダイヤフラムの上面図、(c)は第1の実施例によりエッチングしたときのSiダイヤフラムの上面図
 【図20】本発明の第2の実施例を示す図10相当図

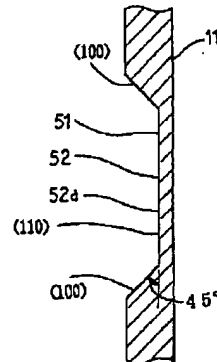
14

- 【図21】図9相当図
 【図22】図11相当図
 【図23】図14相当図
 【図24】図12相当図
 【図25】従来構成を示す図5相当図
 【図26】図25中a-a線に沿う断面図
 【図27】図7相当図
 【図28】図27中a-a線に沿う断面図
 【図29】図1相当図
 【図30】図29中a-a線に沿う断面図
 【図31】図29中b-b線に沿う断面図
 【図32】図29中c-c線に沿う断面図
 【符号の説明】
 11はSiウエハ、12はN型Si層、13はゲージ、16はエッチングマスク、16aは開口部、21はエッチング装置、23は枠体、26は異方性エッチング液、29は陽極電極、30は可変電源回路、38は電流検出器、39はヒータ、40は温度センサ、41は温度コントローラ、44は制御装置、45は電圧極性切換回路、50は斜面部、51は凹部、52はSiダイヤフラム、52aはダイヤフラム面、53は抵抗接続切換回路、55は抵抗体、57はゲージ、58は給電用電極を示す。

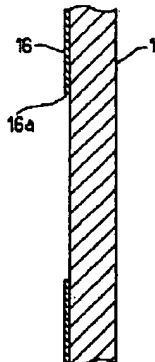
【図1】



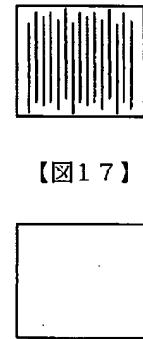
【図2】



【図6】



【図16】

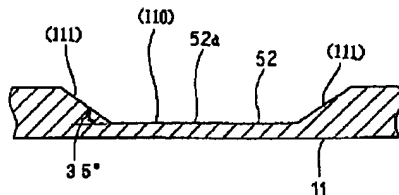


【図17】

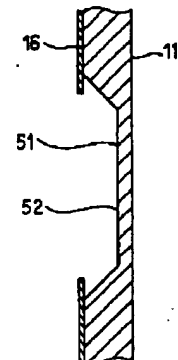
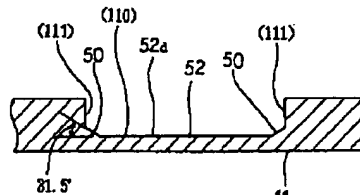


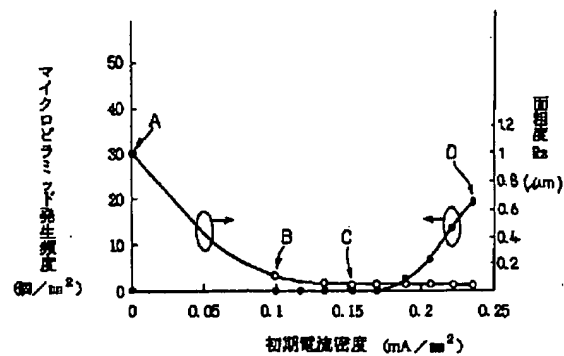
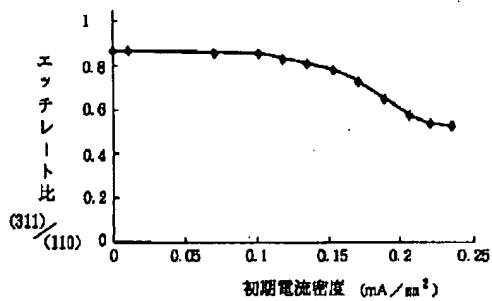
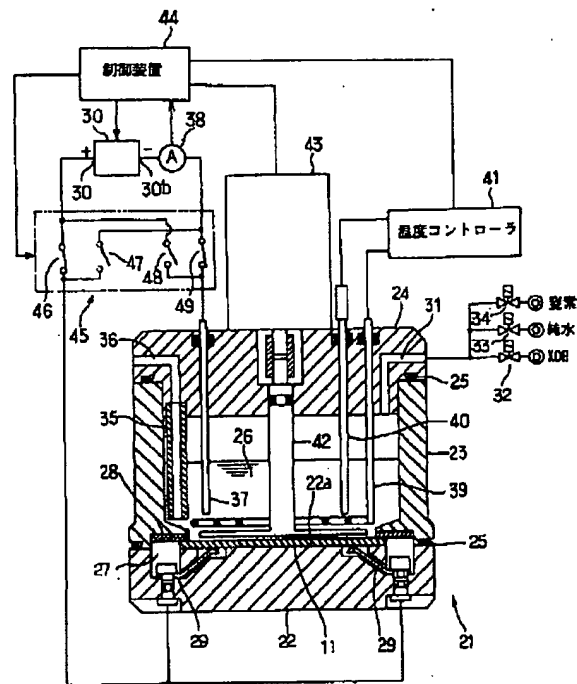
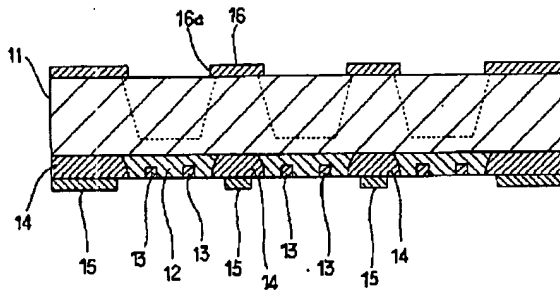
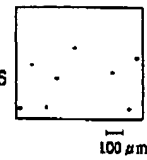
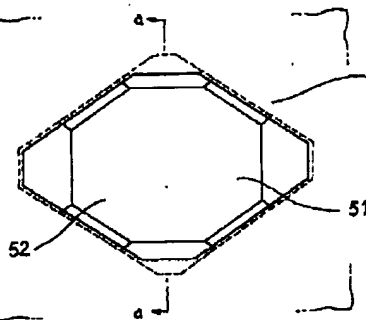
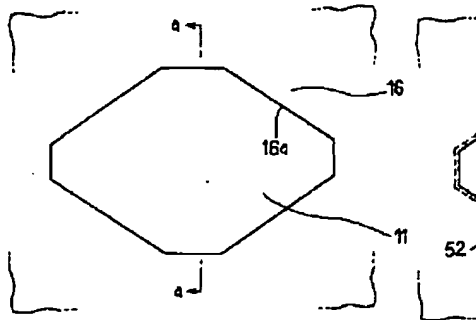
【図8】

【図3】

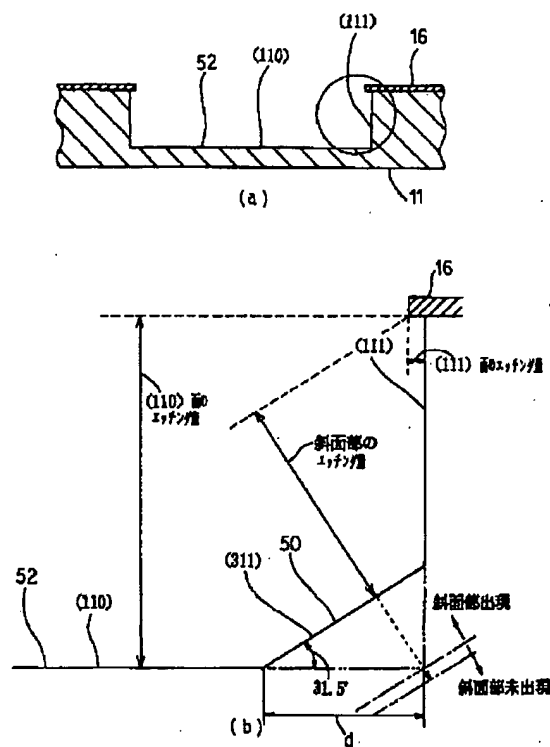


【図4】



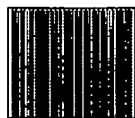


【图 13】

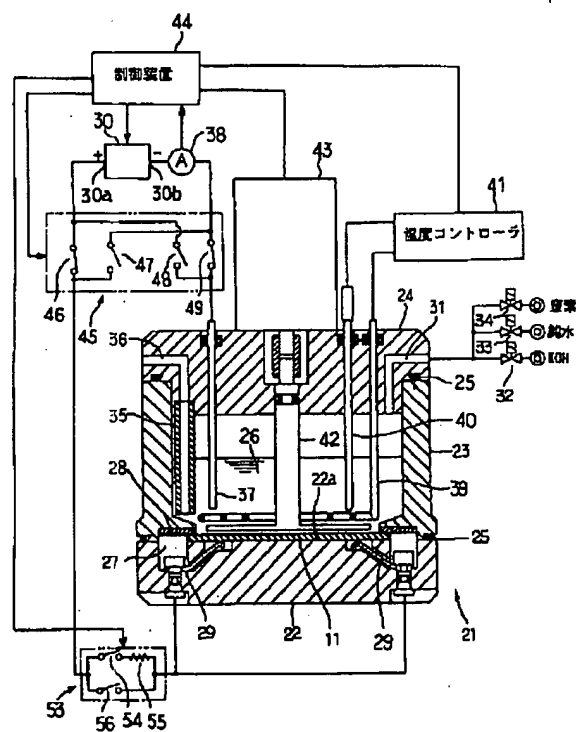
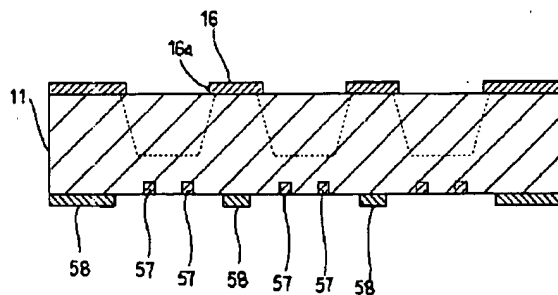


【圖20】

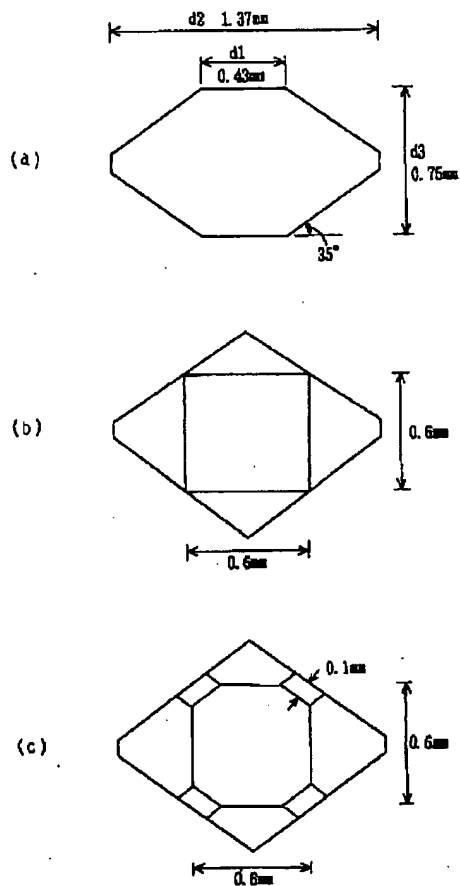
【図15】



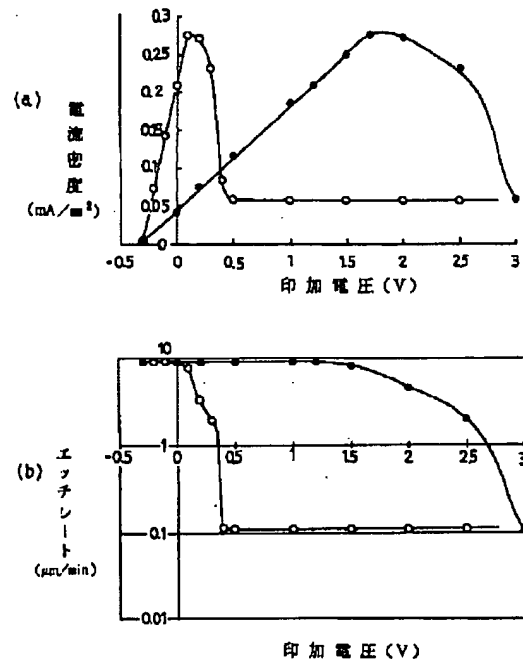
【図21】



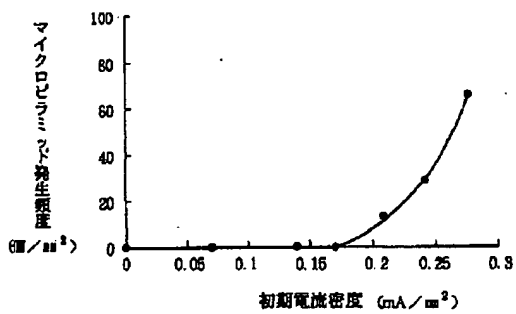
【図19】



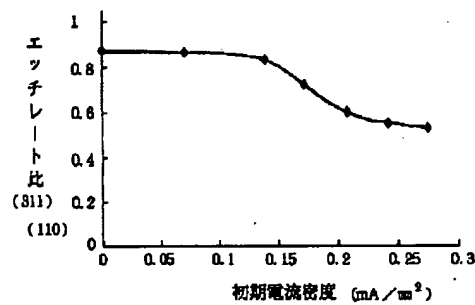
【図22】



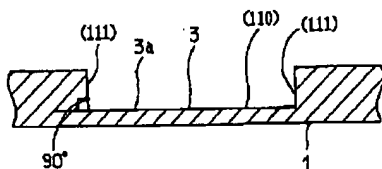
【図23】



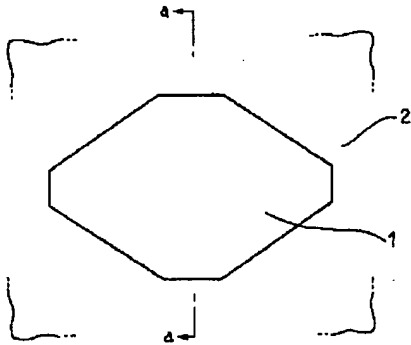
【図24】



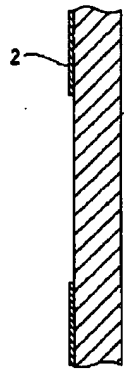
【図32】



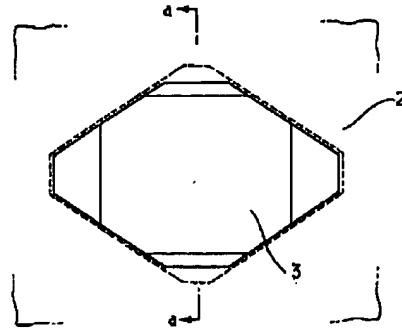
【図25】



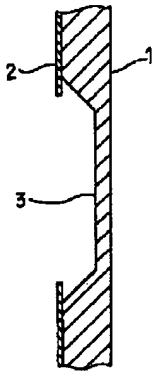
【図26】



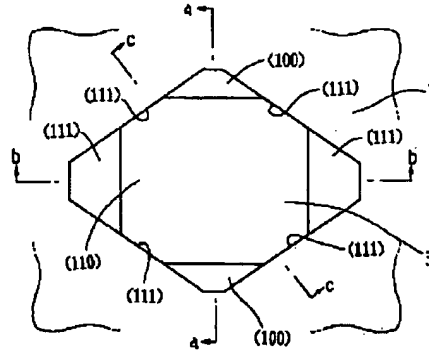
【図27】



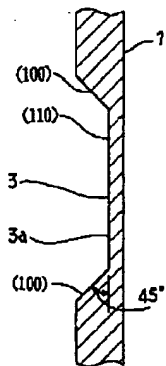
【図28】



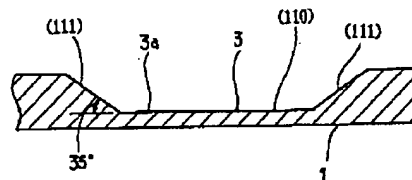
【図29】



【図30】



【図31】



フロントページの続き

(72)発明者 深田 毅
愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会
社デンソー内

(72)発明者 横山 賢一
愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会
社デンソー内

(72)発明者 伊藤 基樹
愛知県刈谷市昭和町 1 丁目 1 番地 株式会
社デンソー内